

ダム堆砂の河川還元材利用における簡易処理手法の開発と土砂還元模型実験

京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 角 哲也

1. はじめに

「河川土砂還元」とは、粗粒化しているダム下流河川に図-1 に示すように土砂を人工的に置土することによって、洪水時の放流や、時にはフラッシュ放流をおこない、土砂を掃流させて河床や底質環境を改善し、下流河川の環境改善を図るもので、ダムで遮断された流砂の連続性を簡易な形で回復させる有力な手法の一つとして、現在、全国の15箇所以上のダムで実施されている。

現状では、主に砂～礫分（場合によりシルト分を含む）を中心に、年間数百から数万 m^3 の土砂（ダムの年平均堆砂量に対して0.1～10%の範囲）が供給されている。置土方法には、河道脇に腹付けして盛土を行う方法と既存の砂州上に盛り上げる方法があるが、これまでの実績では、年間3～5回発生する中規模洪水によって土砂が侵食されて順次下流に流出する程度が目安とされている。また、平水時の濁水発生を防止するために、水際に近い置土の裾部は比較的粗い土砂で保護するなどの工夫が行われている。

しかしながら、現在、河川土砂還元は個別ダムで試行的に行われている例が多く、河川土砂還元の目的を明確にするとともに、目的に合わせた目標設定、置土方法、モニタリングおよび評価手法の確立が急務である。特に、効率的・効果的な置土砂形状を求めるための、流量波形に対応した置土砂の侵食形態（側岸侵食および冠水による天端侵食など）と侵食速度の把握、土砂流出時の濁水発生の有無の解明が不可欠である。本報では、これら土砂侵食現象の基礎的理解のために実施した水理模型実験結果、特に粒度分布と侵食形態および濁度発生の関係について報告する。

2. 土砂還元に関する模型実験

1) 実験方法

実験水路（写真-1）は京大防災研宇治川オープンラボラトリーの直線水路（ $B=1\text{m}$, $H=0.3\text{m}$, $L=20\text{m}$ ）であり、実験では流量 $Q=0.02\text{m}^3/\text{s}$ （一定）、水路勾配 1/250（固定）として行った。

置土砂の基本形状と計測概要を図-2 に示す。

主な計測項目は土砂の侵食形態であり、VTR 撮影の画像解析と補足的な実測および水路下流の濁度測定である。実験に使用した土砂は、水資源機構布目ダムの副ダム貯水池内の堆砂のうち、副ダム内下流部で採取した細粒土砂中心の土砂(F0)と、副ダム内上流部で採取した粗粒土砂中心の土砂(C0)をそれぞれ原砂とし、これらから、今回別途開発した遠心力を用いた土砂分級装置（写真-2）にて細粒土砂を順次分級処理した（F1,F2 および C1,C2）ものであり、粒度分布を図-3 に示す。

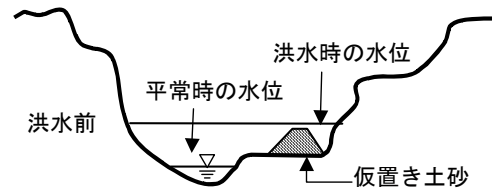


図-1 河川土砂還元模式図



写真-1 実験水路

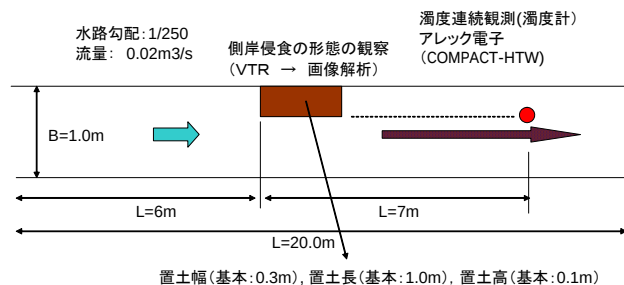


図-2 実験計測模式図

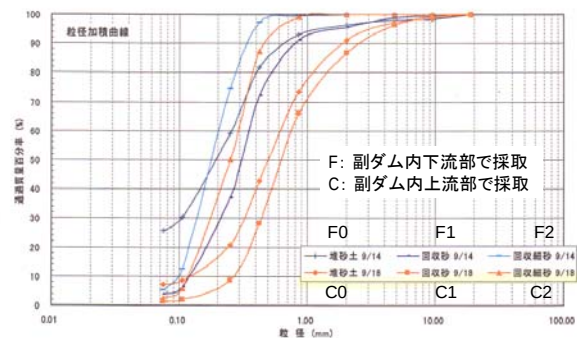
図-3 実験に使用した土砂の粒度分布
(布目ダムの副ダム堆砂を分級して利用)

写真-2 土砂分級装置

2)実験結果

写真-3～5にF0, C0, C1の3ケースの土砂の侵食経過を示す。いずれのケースも上流端の水路中央側が丸く削られるとともに土砂の流れに平行な面がいわゆる側岸侵食を受けて次第に後退していく様子が観察される。

側岸侵食のスピード（侵食速度）で比較すると、まず、原砂の違いでは、 $F0 > C0$ であり、この理由として、F0とC0では、平均粒径が大きく異なり（ $d_{60}=0.25\text{mm}$, 0.6mm ）、流水による掃流量に相違がある結果と考えられる。一方、分級処理の影響では、 $C1 > C0$ であり、この理由として、平均粒径はやや大きくなるものの（ $d_{60}=0.6\text{mm}$, 0.7mm ）、それ以上に土砂の粘着性に影響すると考えられる細粒分含有率 F_c （ 0.074mm 以下）が異なっている（ $F_c=8\%$, 2% ）影響と考えられる。この結果、C1の土砂は側岸侵食を受けた際に侵食面が自立せずに比較的容易に、かつ連続的に崩れているものと考えられる。なお、この結果、C1ではC0では見られない側岸前面の掃流砂帯が認められる。

他の実験ケースを含めて8分後の状態で比較したものを写真-6に示す。これにより、侵食速度は概ね $C2 > F2 > F1 > C1 > F0 > C0$ であり、全体の平均粒径が細くなるほど、ただし、土砂の粘着性に影響する細粒分含有率が少ないものほど侵食が速やかに進行することが明らかとなった。

一方、水路下流に発生する濁度の比較では、図4に示すように、濁質分となる細粒分含有率の高いF0がより高い濁度を発生しており、かつ間欠的な変化を示している。これは、粘着性の高い土砂がある程度侵食を受けても崩れずに踏ん張り、ある程度オーバーハング（ひさし）状になった段階で崩れるサイクルを繰り返した結果と考えられる。なお、濁度ピークの後には緩やかな低減曲線が見られており、次の崩壊までの間、水中に落ち込んだ土砂中の濁質分が流水に洗われて次第に濁度が低下している様子が捉えられている。

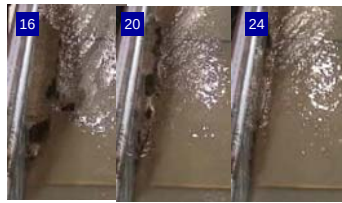
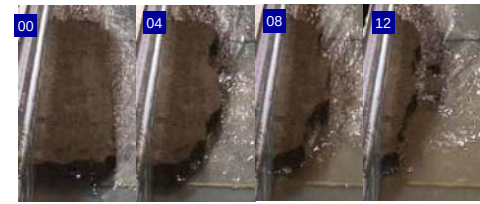


写真-3 土砂の侵食経過 (F0) (数字は時間経過(分))

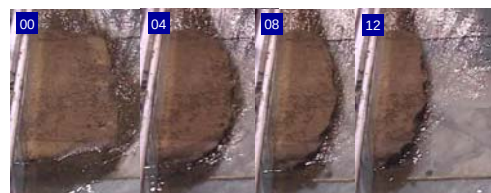


写真-4 土砂の侵食経過 (C0) (数字は時間経過(分))

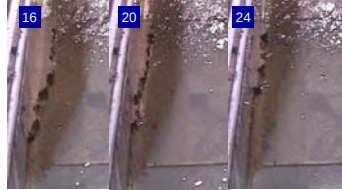


写真-5 土砂の侵食経過 (C1) (数字は時間経過(分))

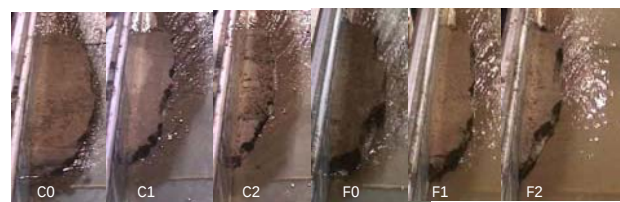


写真-6 土砂の侵食経過 (C0～F2) (8分経過後)

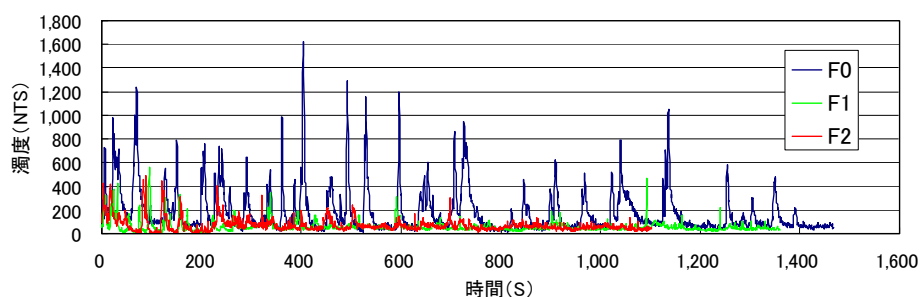


図-4 分級土砂ごとの濁度発生状況